

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

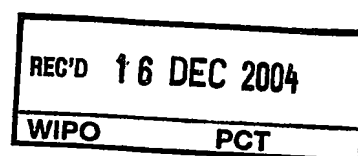
22.11.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 2 月 2 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 4 0 3 0 9 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 4 0 3 0 9 4]



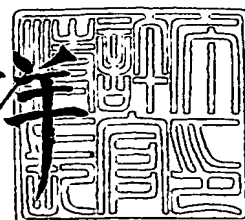
出 願 人 本 田 技 研 工 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 1 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願
【整理番号】 H103319901
【提出日】 平成15年12月 2日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H02M 3/28
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社 本田技術研究所内
 【氏名】 江口 博之
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社 本田技術研究所内
 【氏名】 清水 元寿
【特許出願人】
 【識別番号】 000005326
 【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100084870
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 田中 香樹
【選任した代理人】
 【識別番号】 100079289
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 平木 道人
【選任した代理人】
 【識別番号】 100119688
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 田邊 壽二
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 058333
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

1 次側端子と、2 次側端子と、1 次側巻線および 2 次側巻線を有し電圧変換比を決定するトランスと、前記 1 次側端子と前記 1 次側巻線との間に挿入されたスイッチング手段と、前記スイッチング手段に直列に接続された共振用リアクトルおよびこの共振用リアクトルと共振する共振用コンデンサからなる LC 共振回路と、前記スイッチング手段をオン・オフ駆動する駆動手段とを備えた DC-DC コンバータにおいて、

前記 LC 共振回路の作動による共振電流の周波数を検出する共振周波数検出手段と、前記共振周波数検出手段で検出された周波数を前記駆動手段へフィードバックする手段とを設け、

前記駆動手段は、前記共振周波数検出手段で検出された周波数に基づいて前記スイッチング手段を前記 LC 共振回路の共振周波数でオン・オフ駆動することを特徴とする DC-DC コンバータ。

【請求項 2】

前記共振周波数検出手段を前記トランスの 1 次側に設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の DC-DC コンバータ。

【請求項 3】

低圧側端子と、高圧側端子と、低圧側巻線および高圧側巻線を有し電圧変換比を決定するトランスと、前記低圧側端子と前記低圧側巻線との間に挿入された低圧側スイッチング手段と、前記高圧側端子と前記高圧側巻線との間に挿入された高圧側スイッチング手段と、前記低圧側スイッチング手段の各スイッチング素子に並列接続された低圧側整流素子と、前記高圧側スイッチング手段の各スイッチング素子に並列接続された高圧側整流素子と、前記低圧側スイッチング手段のスイッチング素子および前記高圧側スイッチング手段のスイッチング素子をオン・オフ駆動する駆動手段とを備えた双方向の DC-DC コンバータにおいて、

前記高圧側巻線と前記高圧側スイッチング手段との間もしくは前記低圧側巻線と前記低圧側スイッチング手段との間に LC 共振回路を設けると共に、

前記 LC 共振回路の作動による共振電流の周波数を検出する共振周波数検出手段と、前記共振周波数検出手段で検出された周波数を前記駆動手段へフィードバックする手段とを設け、

前記駆動手段は、前記共振周波数検出手段で検出された周波数に基づいて前記スイッチング手段を前記 LC 共振回路の共振周波数でオン・オフ駆動することを特徴とする DC-DC コンバータ。

【請求項 4】

前記 LC 共振回路を前記高圧側巻線と前記高圧側スイッチング手段との間に設けたことを特徴とする請求項 3 に記載の DC-DC コンバータ。

【請求項 5】

前記低圧側スイッチング手段および前記高圧側スイッチング手段はいずれも、4 つのスイッチング素子をブリッジ接続して構成されることを特徴とする請求項 3 に記載の DC-DC コンバータ。

【書類名】明細書

【発明の名称】DC-DCコンバータ

【技術分野】

【0001】

本発明は、DC-DCコンバータに関し、特に、スイッチング損失を抑制し、変換効率を高めることができるDC-DCコンバータに関する。

【背景技術】

【0002】

電流共振方式のDC-DCコンバータは、スイッチング手段に直列に接続された共振回路を備え、スイッチング手段を共振回路の共振周波数でオン・オフ駆動する。図4は、DC-DCコンバータの原理を示す図である。トランス1の1次側には、例えば4つのスイッチング素子のブリッジ接続構成からなるスイッチング手段2が設けられ、2次側には共振回路3が設けられる。共振回路3は、共振用チョーク（リアクトル）と共振用コンデンサからなる。なお、2次側には、さらに整流、平滑手段が設けられるが図示していない。

【0003】

駆動手段4によりスイッチング手段2を共振回路3の共振周波数でオン・オフ駆動すると、そのオン・オフ駆動周波数に従った周波数でトランス1を介して昇圧あるいは降圧が行われる。

【0004】

このときの共振回路3の共振周波数 f は、共振回路3におけるチョークのインダクタンスを L とし、コンデンサのキャパシタンスを C とすると、 $f = 1 / 2\pi\sqrt{LC}$ で表され、例えば $L = 130\mu\text{H}$ 、 $C = 0.47\mu\text{F}$ であると、 $f \approx 20.4\text{kHz}$ となる。

【0005】

図5(a)は、スイッチング手段2が共振回路3の共振周波数と同一周波数でオン・オフ駆動されているときに流れる電流の波形図であり、電流がゼロになった時点でスイッチング手段2がオン・オフされる。

【0006】

ところが、共振回路3を構成するチョークやコンデンサなどの素子は、素子定数（インダクタンス、キャパシタンス）にバラツキがあり、また、素子定数は経年変化し、さらに温度特性に従って周囲温度に応じて変化する。この変化に伴ってスイッチング手段2のオン・オフ駆動周波数と共振回路3の共振周波数とにずれが発生する。このずれは、回路配線の取り回しによるインダクタンスなどによっても発生する。

【0007】

図5(b)、(c)はそれぞれ、スイッチング手段2のスイッチング周期に対して共振回路3の共振周期 T ($T = 1/f$) が長くなった場合と短くなった場合の電流波形を示す。同図から明らかなように、スイッチング手段2のオン・オフ駆動周波数と共振回路3の共振周波数とにずれが生じると、共振電流の零クロス付近でスイッチング手段のオン・オフの切り替えが行われなため、スイッチング損失が増大し、十分な性能を得ることができなくなる。

【0008】

下記特許文献1には、スイッチング手段の駆動周波数と共振回路の共振周波数とのずれをなくすための技術が開示されている。これに開示された技術は、入力電圧および出力電流に基づきスイッチング手段に共振電流が流れている時間を算出し、スイッチング手段のオン時点からの経過時間が、算出された時間になった時点でスイッチング手段をオフに切り替えるというものである。

【特許文献1】特開2002-58240号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上記特許文献1に開示されているように、入力電圧および出力電流、あ

るいは共振用リアクトルに流れる電流を検出し、これに基づきスイッチング手段に共振電流が流れなくなるタイミングを算出し、このタイミングでスイッチング手段をオンからオフへ切り替えるという構成では、スイッチング手段のオン時点やオン時点からの経過時間を正確に検知する必要があり、それを実現するための構成が複雑になるという課題がある。

【0010】

また、上記特許文献1には、共振用リアクトルに流れる共振電流を検出し、検出された共振電流を用いてスイッチング手段に共振電流が流れなくなる時点を求め、求められた時点でスイッチング手段をオンからオフに切り替えるという構成も開示されているが、このような構成でも上記と同様の課題がある。

【0011】

本発明の目的は、上記課題を解決し、簡単な構成でスイッチング損失を抑制し、変換効率を高めることができるDC-DCコンバータを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を解決するため、本発明は、1次側端子と、2次側端子と、1次側巻線および2次側巻線を有し電圧変換比を決定するトランスと、前記1次側端子と前記1次側巻線との間に挿入されたスイッチング手段と、前記スイッチング手段に直列に接続された共振用リアクトルおよびこの共振用リアクトルと共振する共振用コンデンサからなるLC共振回路と、前記スイッチング手段をオン・オフ駆動する駆動手段とを備えたDC-DCコンバータにおいて、前記LC共振回路の作動による共振電流の周波数を検出する共振周波数検出手段と、前記共振周波数検出手段で検出された周波数を前記駆動手段へフィードバックする手段とを設け、前記駆動手段は、前記共振周波数検出手段で検出された周波数に基づいて前記スイッチング手段を前記LC共振回路の共振周波数でオン・オフ駆動する点に第1の特徴がある。

【0013】

また、本発明は、前記共振周波数検出手段を前記トランスの1次側に設けた点に第2の特徴がある。

【0014】

また、本発明は、低圧側端子と、高圧側端子と、低圧側巻線および高圧側巻線を有し電圧変換比を決定するトランスと、前記低圧側端子と前記低圧側巻線との間に挿入された低圧側スイッチング手段と、前記高圧側端子と前記高圧側巻線との間に挿入された高圧側スイッチング手段と、前記低圧側スイッチング手段の各スイッチング素子に並列接続された低圧側整流素子と、前記高圧側スイッチング手段の各スイッチング素子に並列接続された高圧側整流素子と、前記低圧側スイッチング手段のスイッチング素子および前記高圧側スイッチング手段のスイッチング素子をオン・オフ駆動する駆動手段とを備えた双方向のDC-DCコンバータにおいて、前記高圧側巻線と前記高圧側スイッチング手段との間もしくは前記低圧側巻線と前記低圧側スイッチング手段との間にLC共振回路を設けると共に、前記LC共振回路の作動による共振電流の周波数を検出する共振周波数検出手段と、前記共振周波数検出手段で検出された周波数を前記駆動手段へフィードバックする手段とを設け、前記駆動手段は、前記共振周波数検出手段で検出された周波数に基づいて前記スイッチング手段を前記LC共振回路の共振周波数でオン・オフ駆動する点に第3の特徴がある。

【0015】

また、本発明は、前記LC共振回路を前記高圧側巻線と前記高圧側スイッチング手段との間に設けた点に第4の特徴がある。

【0016】

さらに、本発明は、前記低圧側スイッチング手段および前記高圧側スイッチング手段は、いずれも、4つのスイッチング素子をブリッジ接続して構成される点に第5の特徴がある。

【発明の効果】**【0017】**

本発明の第1の特徴によれば、簡単な構成でスイッチング手段の駆動周波数と共振回路の共振周波数とを常に同一に維持することができ、スイッチング損失を抑制することができ、変換効率を高めることができる。また、共振回路を構成する回路素子の素子定数に製造段階でバラツキがあったり、DC-DCコンバータへの組み込み後にその素子定数に経年変化や周囲温度に応じた変化などがあっても、スイッチング手段の駆動周波数が共振回路の共振周波数に一致するように自動調整されるので、回路や素子の設計が容易になる。

【0018】

また、第2の特徴によれば、共振周波数検出手段と駆動手段とで電圧基準ラインを共通にすることができるので、共振周波数検出手段と駆動手段との間の絶縁が不要になる。

【0019】

また、第3の特徴によれば、低圧側スイッチング手段と高圧側スイッチング手段を同一の駆動タイミングで動作させることにより、双方向で電力を融通し合う変換が可能になり、その場合のスイッチング損失を簡単な構成で抑制することができる。また、スイッチング手段のスイッチングによる電流波形がLC共振回路で正弦波状にされ、スイッチング手段の駆動周波数がLC共振回路の共振周波数に一致するように自動調整されるので、共振電流の零クロス点に極めて近い時点にスイッチング素子のオフタイミングを維持することができる。これにより、スイッチング損失を大幅に抑制することができる。

【0020】

また、第4の特徴によれば、LC共振回路が設けられる高圧側は、電流値が小さいので、LC共振回路での損失を抑制することができる。

【0021】

さらに、第5の特徴によれば、高圧側および低圧側のスイッチング手段および整流素子は、いわゆるブリッジ型の単相インバータを構成するので、トランスの構造を簡素化することができる。また、トランスの伝送遅れなどに伴ってスイッチング素子の短絡防止デッドタイムを大きくとったり、スイッチング素子の駆動時間を短くしたりする必要がないため、変換効率を高めることが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0022】**

以下、図面を参照して本発明を説明する。図1は、本発明に係るDC-DCコンバータの原理を示す回路図である。以下では図4と同一あるいは同等部分は同一符号で示す。図1が図4と異なるのは、共振回路3の作動による共振電流の周波数を検出する共振電流周波数検出手段を設け、これにより検出された周波数を駆動手段4にフィードバックした点である。共振電流周波数検出手段は、例えばトランス1の一次側の共振電流が流れるラインに対して配置された共振電流検出用変流器5とこれにより検出された共振電流の周波数を検知する周波数検知部6で構成される。

【0023】

次に、図1の動作を説明する。駆動手段4は、まず、共振回路3の回路素子の素子定数に基づいて設定された共振周波数でスイッチング手段2をオン・オフ駆動する。これによりトランス1の1次側から2次側へのDC-DC変換が行われる。

【0024】

共振電流検出用変流器5は、トランス1の1次側巻線に流れる電流を電圧値として検出し、周波数検知部6は、検出された電圧値の変化から周波数を算出することにより電流の周波数を検知する。周波数検知部6で検知された周波数は駆動手段4にフィードバックされる。

【0025】

駆動手段4は、周波数検知部6で検知された周波数に基づいてスイッチング手段2をオン・オフする。これにより、スイッチング手段2は、周波数検知部6で検知された実際の

共振電流の周波数、すなわち共振回路3の現在の実際の共振周波数に合致した周波数でオン・オフされる。したがって、共振回路3を構成する回路素子の素子定数に製造段階でバラツキがあったり、DC-DCコンバータへの組み込み後にその素子定数に経年変化や周囲温度に応じた変化が生じたりしてもスイッチング手段3のオン・オフ周波数と共振回路3の共振周波数との間のずれは抑制される。

【0026】

図2は、本発明に係るDC-DCコンバータの実施形態を示す具体回路図である。本実施形態は、低圧側端子7-1、7-2に接続される直流電源と高圧側端子8-1、8-2に接続される直流電源との間でトランス1を介して双方向に電力を融通し合う双方向DC-DCコンバータとして構成した例である。以下では、低圧側端子7-1、7-2側を一次側、高圧側端子8-1、8-2側を二次側と呼ぶことがある。

【0027】

トランス1は、一次側の低圧側巻線1-1と二次側の高圧側巻線1-2を含む。この双方向DC-DCコンバータの昇圧比は、低圧側巻線1-1と高圧側巻線1-2の巻線比により決定される。低圧側スイッチング手段2は、低圧側端子7-1、7-2と低圧側巻線1-1との間に挿入され、高圧側スイッチング手段9は、高圧側端子8-1、8-2と高圧側巻線1-2との間に挿入される。

【0028】

低圧側スイッチング手段2はFETなどの4つのスイッチング素子（以下、FETと記す。）2-1～2-4をブリッジ接続して構成することができ、高圧側スイッチング手段9も4つのFET 9-1～9-4をブリッジ接続して構成することができる。

【0029】

FET 2-1～2-4、9-1～9-4のそれぞれには、ダイオードなどの整流素子が並列接続される。これらの整流素子は、FETの寄生ダイオードでよく、別途接続した接合ダイオードでもよい。並列接続された整流素子を合わせれば、低圧側スイッチング手段2および高圧側スイッチング手段9はそれぞれ、スイッチング・整流部と考えることができる。

【0030】

高圧側端子8-1、8-2と高圧側巻線1-2との間にはLC共振回路3が挿入される。低圧側スイッチング手段2のFET 2-1～2-4および高圧側スイッチング手段9のFET 9-1～9-4は、CPUなどからなる制御回路4によりオン・オフされる。なお、低圧側端子7-1、7-2間、および高圧側端子8-1、8-2間に接続されているコンデンサ10、11は、出力平滑用コンデンサである。

【0031】

トランス1の低圧側巻線1-1と低圧側スイッチング手段2との間に共振電流検出用変流器5が挿入され、これによる検出出力は周波数検知部6に与えられる。電流検出用変流器5と周波数検知部6は共振電流周波数検出手段を構成する。

【0032】

CPUなどからなる制御回路4は、周波数検知部6で検知された周波数に基づいて低圧側スイッチング手段2のFET 2-1～2-4や高圧側スイッチング手段9のFET 9-1～9-4をオン・オフする。なお、周波数検知部6は、制御回路4の一部としてソフトウェアで構成することもでき、周波数は、例えば共振電流波形のピーク位置などの特定位置のずれを判断することにより検知できる。

【0033】

図2の動作の概略を説明する。まず、一次側（図の左側）から二次側（図の右側）へ電力を供給する場合、低圧側スイッチング手段2のFET 2-1、2-4のペアとFET 2-2、2-3のペアとを交互にオン・オフさせる。このオン・オフに伴う電流がトランス1の低圧側巻線1-1に流れる。

【0034】

高圧側巻線1-2に誘起された電流は、LC共振回路3を通して高圧側スイッチング手

段 9 に入力され、FET 9-1 ~ 9-4 に並列接続された整流素子により整流され、平滑コンデンサ 11 で平滑されて出力される。このとき一次側および二次側に流れる電流は、LC 共振回路 3 の存在により正弦波状になる。

【0035】

また、電流検出用変流器 5 と周波数検知部 6 からなる共振電流周波数検出手段によるフィードバック機能で、低圧側スイッチング手段 2 の FET 2-1 ~ 2-4 は LC 共振回路 3 の現在の実際の共振周波数に合致した周波数でオン・オフされる。

【0036】

以上は、一次側から二次側へ電力を供給する場合の動作であるが、二次側から一次側へ電力を供給する場合も同様である。また、一次側と二次側とを完全同期で、すなわち一次側と二次側とを同一駆動信号で駆動して相互に自動的に電力をやり取りさせる場合も同様である。この場合には、トランス巻線比による一次側と二次側の相対電圧差で電力のやり取りが行われる。

【0037】

図 3 は、本発明の適用例を示す回路図である。本例は、発電機 12 を含む直流電源とバッテリー 13 で電力を融通し合って負荷に電力を供給するシステムに、図 2 の双方向 DC-DC コンバータを適用した例である。発電機 12 は、例えばエンジン駆動式の 3 相の多極磁石発電機である。

【0038】

本適用例においても、電流検出用変流器 5 と周波数検知部 6 からなる共振電流周波数検出手段によるフィードバック機能で、双方向 DC-DC コンバータのスイッチング手段は LC 共振回路の現在の実際の共振周波数に合致した周波数でオン・オフ駆動されるので、変換効率を高めることができる。

【0039】

まず、エンジンの始動時には、双方向 DC-DC コンバータ 100 の低圧側スイッチング手段を駆動し、これにより昇圧したバッテリー 13 の DC 電圧を駆動用インバータ（整流回路）14 に印加する。駆動用インバータ 14 は、印加された DC 電圧を 3 相の AC 電圧に変換して発電機 12 に印加し、これをエンジン始動用電動機として起動する。

【0040】

エンジンが始動すると、発電機 12 はエンジンにより駆動され、駆動用インバータ 14 のスイッチング動作は停止される。発電機 12 の出力は、整流回路（駆動用インバータ）14 で整流され、レギュレータ 15 で調整され、さらにインバータ 16 で所定周波数の交流電力に変換されて負荷へ供給される。

【0041】

バッテリー 13 の電圧が低下した時、双方向 DC-DC コンバータ 100 の高圧側スイッチング手段を駆動すれば、整流回路 14 の出力を双方向 DC-DC コンバータ 100 により降圧し、降圧した電圧でバッテリー 13 を充電することができる。

【0042】

発電機 12 がエンジンで駆動されているときに、双方向 DC-DC コンバータ 100 の低圧側スイッチング手段と高圧側スイッチング手段とを完全同期で駆動することもできる。このようにすれば、整流回路（駆動用インバータ）14 側とバッテリー 13 側とでトランス巻線比による一次側と二次側の相対電圧差に従い自動的に電力のやり取りを行わせることができる。また、この場合はダイオードによる順方向降下電圧（約 0.7V）による損失がなく、スイッチング手段のオン抵抗のみの損失となるため、特に低圧側での効率を高めることができる。

【0043】

なお、本適用例は、エンジン駆動式発電機からなる直流電源とバッテリー間で電力を融通し合う例であるが、これに限らず、バッテリー、通常の発電機、太陽光発電、風力発電、燃料電池などの適宜の直流電源系で電力を融通し合う場合にも適用でき、例えば、ハイブリッド車両などでの走行電力系と保安電装系とで電力のやり取りを行わせる場合にも適用で

きる。

【0044】

以上、実施形態について説明したが、本発明は、種々に変形可能である。例えば、共振電流検出用変流器に代えて抵抗を共振電流が流れるラインに挿入することによっても共振電流を検出することができる。また、電流検出用の変流器や抵抗などは一次側に代えて二次側に設けることもでき、LC共振回路も二次側ではなく一次側に設けることもできる。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】 本発明に係るDC-DCコンバータの原理を示す回路図である。

【図2】 本発明に係るDC-DCコンバータの実施形態を示す具体回路図である。

【図3】 本発明の適用例を示す回路図である。

【図4】 DC-DCコンバータの原理を示す図である。

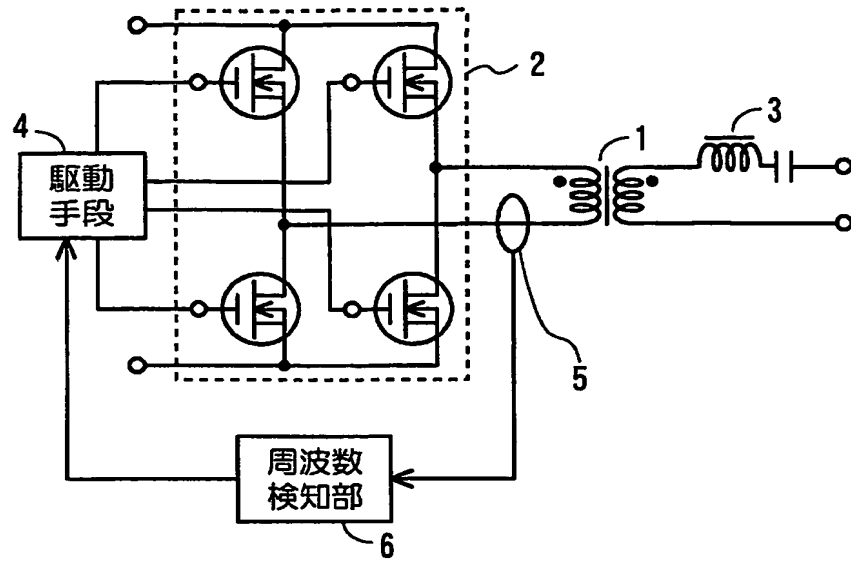
【図5】 DC-DCコンバータの動作を示す電流波形図である。

【符号の説明】

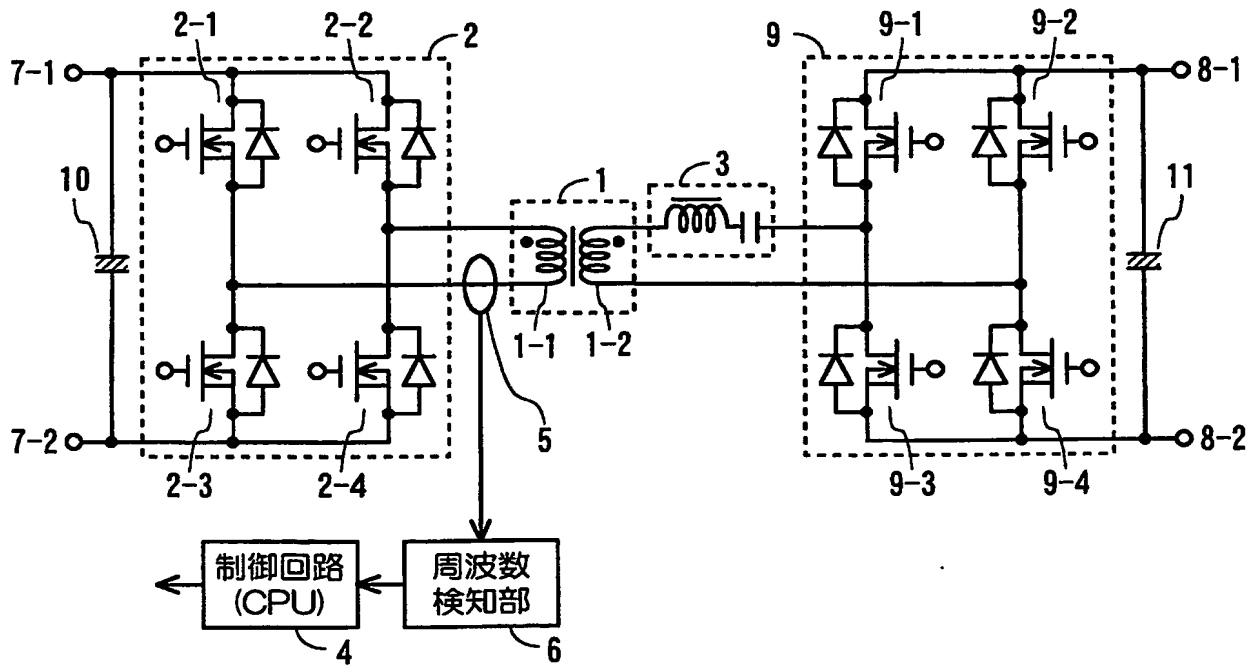
【0046】

1・・・トランス、1-1・・・低圧側巻線、1-2・・・高圧側巻線、2, 9・・・スイッチング手段、2-1～2-4, 9-1～9-4・・・FET、3・・・LC共振回路、4・・・駆動手段（制御回路）、5・・・共振電流検出用変流器、6・・・周波数検知部、7-1、7-2・・・低圧側端子、8-1、8-2・・・高圧側端子、10, 11・・・平滑コンデンサ、12・・・発電機、13・・・バッテリー、14・・・駆動用インバータ（整流回路）、15・・・レギュレータ、16・・・インバータ、100・・・双方向DC-DCコンバータ

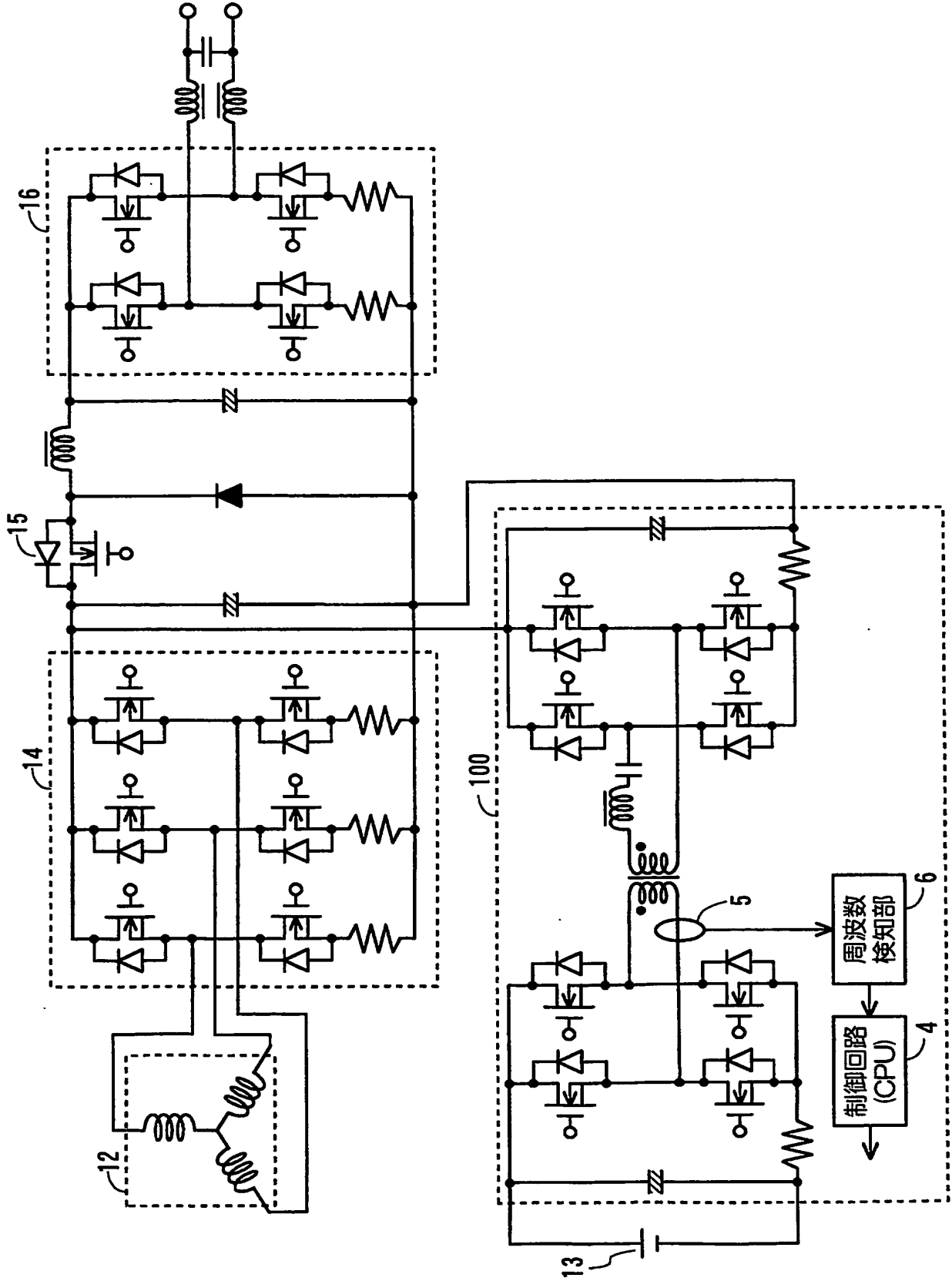
【書類名】 図面
【図 1】



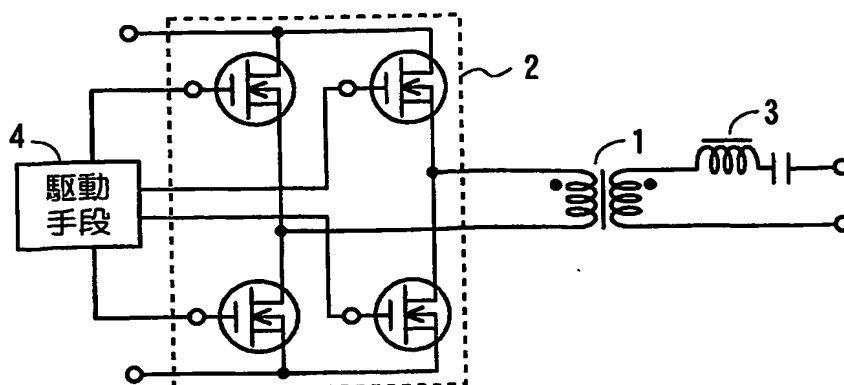
【図 2】



【図 3】

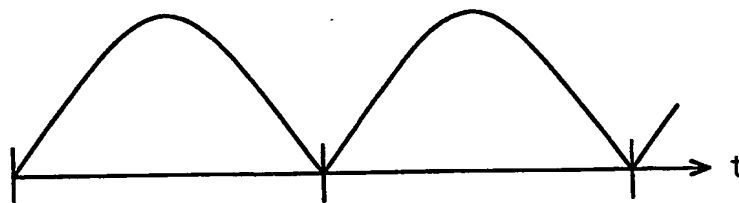


【図 4】

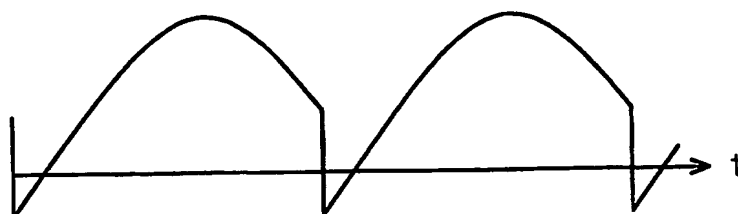


【図 5】

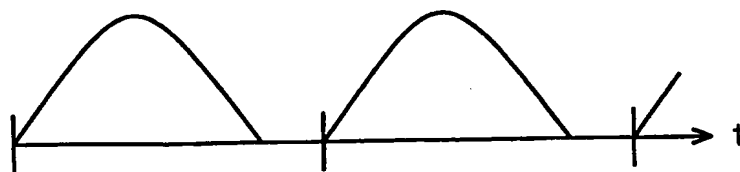
(a) スイッチング 周期 = 共振周期



(b) スイッチング 周期 < 共振周期



(c) スイッチング 周期 > 共振周期



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 簡単な構成でスイッチング損失を抑制し、変換効率を高めることができる DC-DC コンバータを提供すること。

【解決手段】 トランス 1 の二次側には LC 共振回路 3 が挿入されている。駆動手段 4 でスイッチング手段 2 をオン・オフ駆動すると、トランス 1 を介して二次側に出力が得られる。電流検出用変流器 5 と周波数検知部 6 からなる共振電流周波数検出手段は、LC 共振回路 3 の作動による共振電流の周波数を検出する。この周波数は駆動手段 4 へフィードバックされる。この結果、駆動手段 4 はスイッチング手段 2 を LC 共振回路 3 の共振周波数に合致した周波数でオン・オフ駆動する。

【選択図】 図 1

特願 2003-403094

出願人履歴情報

識別番号

[000005326]

1. 変更年月日

1990年 9月 6日

[変更理由]

新規登録

住所

東京都港区南青山二丁目1番1号

氏名

本田技研工業株式会社

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.